

Antti Salonen

3D-tulostimen käyttö auton osien valmistuksessa

Opinnäytetyö

Kevät 2013

Tekniikan yksikkö

Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma



SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU

Opinnäytetyön tiivistelmä

Koulutusyksikkö: Tekniikan yksikkö

Koulutusohjelma: Kone- ja tuotantotekniikka

Suuntautumisvaihtoehto: Auto- ja työkonetekniikka

Tekijä: Antti Salonen

Työn nimi: 3D-tulostimen käyttö auton osien valmistuksessa

Ohjaaja: Matti Tervonen

Vuosi: 2013

Sivumäärä: 47

Liitteiden lukumäärä: 0

Työn tutkimusongelmana ja taustana oli, että vanhempiin harrasteautoihin on nykyään vaikeaa hankkia varaosia ja viritysosia. Autoharrastajat tekevät usein autoihinsa osia itse.

3D-tulostimen avulla kappaleiden ja muottien muokkaus voidaan suorittaa tietokoneella, ja valmis kappale tulee suoraan tulostimesta. 3D-tulostimet yleistyvät nopeasti ja kuluttajakäyttöön tarkoitettujen tulostimien hinnat ovat laskeneet.

Työn tavoitteena oli tutkia harrasteautojen osien valmistuksen ja suunnittelun mahdollisuuksia 3D-tulostinta apuna käyttäen. Lisäksi tavoitteena oli mallintaa auton osia CAD-ohjelmalla. Työssä käsitellään pääasiassa kuluttajille tarkoitettuja 3D-tulostimia.

Opinnäytetyön teoriaosassa esitellään 3D-tulostin, sen toimintaperiaate sekä erityyppisiä 3D-tulostimia ja tulostettavia muoveja. Teoriaosassa esitellään myös autonvalmistajien käyttämiä muoveja ja perehdytään osaan niistä tarkemmin. Teoriaosassa perehdytään lisäksi muovien yleisiin ominaisuuksiin.

Tulostettavien osien selvittäminen -osiossa ideoidaan autoharrastajien haastatteluiden perusteella mahdollisia käyttökohteita 3D-tulostimelle autoharrastajan näkökulmasta. Mallien laatiminen ja niiden analysointi -osiossa kerrotaan, miten kukin käyttökohde mallinnetaan ja samalla analysoidaan tuotteen käyttökelpoisuutta, tulostettavuutta ja mahdollisia materiaalivalintoja.

Johtopäätökset-osiossa analysoidaan työtä ja sen tuloksia. Osiossa käydään myös läpi harrastuskäyttöön tarkoitettujen tulostimien materiaaleja, niiden hyviä puolia sekä niiden sopivuutta eri käyttökohteisiin autossa. Lopuksi Johtopäätökset-osiossa käydään läpi työn tavoitteet sekä tavoitteiden onnistuminen.

Avainsanat: 3D-tulostin, 3D-tulostus, autoharrastus, mallintaminen

SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Thesis abstract

Faculty: School of Technology

Degree programme: Mechanical and Production Engineering

Specialisation: Automotive and Work Machine Engineering

Author: Antti Salonen

Title of thesis: Using the 3D printer to create car parts

Supervisor: Matti Tervonen

Year: 2013

Number of pages: 47

Number of appendices: 0

This thesis deals with the 3D printers and the potentiality of using them to create car parts of your own. Nowadays it is more and more difficult to find spare parts or tuning parts to old cars.

The purpose of this thesis was to research the possibilities to design and produce car parts. The main focus of this thesis was on the consumer class printers.

The theory part of the thesis deals with the 3D printers and how they work. The theory part also introduces the different types of the 3D printers and plastics.

The experimental part of the thesis deals with the ideas of different sketches of the car parts by the interviews of the car enthusiasts.

The result part of the thesis deals with how the sketches of the car parts are designed with the CAD program. The usability and printability of the sketches including the material choices for the parts are also analysed.

The conclusion part of the thesis analyses the results of the thesis. There is also an analysis about the printable materials in the conclusion part of the thesis. Also the objectives are analysed in the conclusion part of the thesis.

Keywords: 3D printer, printing in 3D, car enthusiasm, modeling

SISÄLTÖ

Opinnäytetyön tiivistelmä.....	2
Thesis abstract.....	3
SISÄLTÖ	4
Kuvio- ja taulukkoluettelo.....	6
Käytetyt termit ja lyhenteet	7
1 JOHDANTO	9
1.1 Työn tausta ja tutkimusongelma.....	9
1.2 Työn tavoitteet.....	10
1.3 Toimenpiteet tavoitteiden saavuttamiseksi.....	10
1.4 Työn rajaukset.....	10
2 3D-TULOSTIMEEN TUTUSTUMINEN	12
2.1 3D-tulostimen esittely.....	12
2.2 3D-tulostimen toimintaperiaate.....	12
2.2.1 Nestettä kovettavat tulostimet	12
2.2.2 Sulasta materiaalista lisäävät tulostimet	13
2.2.3 Pulverista sintraavat tai sitovat tulostimet	13
2.2.4 Levystä leikkaavat tulostimet	14
2.3 Harrastajakäyttöön tarkoitetut tulostimet	14
2.4 Tulostettavia materiaaleja	14
2.4.1 ABS-muovi	14
2.4.2 PLA-muovi	15
2.4.3 PA-muovi	16
2.5 Autonvalmistajien käyttämiä muoveja	16
2.5.1 Polyuretaani PUR	17
2.5.2 Suuritiheyspolyeteeni PE-HD.....	17
2.6 Muovien ominaisuuksia.....	17
3 TULOSTETTAVIEN OSIEN SELVITTÄMINEN	19
3.1 Ikkunaveivi	19
3.2 Vaihdekepin nuppi.....	19
3.3 Lämpärunko	20

3.4	Lisämittarikotelo	21
3.5	Kaiuttimen korokerengas	22
3.6	Refleksiputken päätykappale	22
3.7	Puhelimen teline.....	23
3.8	Sivupeili.....	23
3.9	Diskanttiteline.....	24
3.10	Aurinkolipan kiinnike	24
3.11	Lukon nuppi	24
3.12	Käsijarrukahva	24
3.13	Lokasuojan levike	25
4	MALLIEN LAATIMINEN JA NIIDEN ANALYSOINTI	26
4.1	Ikkunaveivi	26
4.2	Vaihdekepin nuppi.....	28
4.3	Läppärunko	29
4.4	Lisämittarikotelo	32
4.5	Kaiuttimen korokerengas	35
4.6	Refleksiputken päätykappale	39
4.7	Puhelimen teline.....	40
5	JOHTOPÄÄTÖKSET	42
6	YHTEENVETO.....	44
	LÄHTEET	46

Kuvio- ja taulukkoluetelo

Kuvio 1. Ikkunaveivin varsi.....	26
Kuvio 2. Ikkunaveivin nuppi.	27
Kuvio 3. Ikkunaveivi kokonaisena.	28
Kuvio 4. Vaihdekepin nuppi.	29
Kuvio 5. Imusarja.	29
Kuvio 6. Läppärungon laippa.	30
Kuvio 7. Läppärungon runko ja putket.	31
Kuvio 8. Läppärungon laakeri- ja säteisakselitiivistepesä sekä kaasuläppäakselin reikä.	32
Kuvio 9. Lisämittarikotelo.	33
Kuvio 10. Lisämittarikotelo takapuolelta kuvattuna.	34
Kuvio 11. Mittarin paikka lisämittarikotelossa.....	34
Kuvio 12. Kaiuttimen korokerengas.	36
Kuvio 13. Tukeva kaiuttimen korokerengas.	37
Kuvio 14. Korokerengas kahdelle kaiuttimelle.....	38
Kuvio 15. Suunnattu korokerengas.	38
Kuvio 16. Refleksiputken päätykappale edestä.....	39
Kuvio 17. Refleksiputken päätykappale takaa.....	40
Kuvio 18. Puhelimen teline.	41

Käytetyt termit ja lyhenteet

Polymeeri	Aine, jossa paljon pieniä molekyylejä eli monomeereja on liittynyt toisiinsa kemiallisin sidoksin.
Amorfinen	Aine, jonka atomit tai molekyylit eivät ole järjestyneet ki-teiksi.
Monomeeri	Aine, jonka pienehkö molekyyli kykenee reagoimaan sa-manlaisten tai toisten samalla tavoin reagoivien moleky-ylien kanssa.
Meeri	Polymeerimolekyylin osa, joka on muodostunut yhdestä monomeerimolekyylistä.
Homopolymeeri	Polymeeri, jonka rakenneyksikkönä on vain yhdenlaisia meerejä.
Kopolymeeri	Polymeeri, jonka rakenneyksikkönä on kahden- tai use- ammanlaisia meerejä.
ABS	Akryylinitriilibutadienistyreeni (ABS), amorfinen ruiskuva- lumuovi.
PLA	Polylaktidi (PLA), Biohajoava muoviseos.
PA	Polyamidi, luja ja hyvin kemikaaleja kestävä tekninen muovi.
FDM	Fused deposition modeling (FDM), 3D-tulostustekniikka, jossa sulasta materiaalista pursotetaan valmis kappale kerros kerrokselta.
SLS	Selective Laser Sintering (SLS), 3D-tulostustekniikka, jos- sa pulveria laserilla kuumentamalla valmistetaan kiinteä kappale kerros kerrokselta.

SLA	Stereolitografia, 3D-tulostustekniikka, jossa hartsia kovetetaan kerros kerrokselta laserin avulla.
LOM	Laminated Object Manufacturing (LOM), 3D-tulostustekniikka, jossa ohuita kalvoja liimataan päällekkäin ja ennen jokaista uutta kerrosta laserilla leikataan kappaleen muodot edelliseen kerrokseen.

1 JOHDANTO

1.1 Työn tausta ja tutkimusongelma

Vanhempiin harrasteautoihin on nykyään vaikeaa hankkia varaosia ja viritysosia. Osien valmistajat eivät enää valmista uusia osia vanhempiin autoihin, ja nykyisellään saatavat osat käyvät päivä päivältä harvemmiksi.

Autoharrastajat ovat kauan tehneet autoihinsa osia itse metallista, puusta, muovista, lasikuidusta sekä muista materiaaleista. Yleensä näitä materiaaleja, paitsi lasikuitua, joudutaan työstämään, että niistä saadaan halutun muotoisia. Lasikuitua laminoidaan muottiin, mutta silti muottia joudutaan muokkaamaan.

3D-tulostimen avulla kappaleiden ja muottien muokkaus voidaan suorittaa tietokoneella, ja valmis kappale tulee suoraan tulostimesta. Tämä auttaa autoharrastajia valmistamaan osia itse sen sijaan, että he työstäisivät osia materiaalista tai ostaisivat valmiin osan valmistajalta tai jälleenmyyjältä. Tällä tavalla voidaan myös valmistaa monimutkaisia osia, jotka perinteisin menetelmin olisivat mahdottomia valmistaa tai vaatisivat valmistukseen kalliita työstökoneita.

Osien valmistus tulostamalla on edullisempaa kuin osien työstö esimerkiksi metallista. Metallintyöstöön tarvitaan työstökoneet ja taito käyttää niitä. Lisäksi poistettava materiaali on metallijätettä, kun taas 3D-tulostuksessa lisätään materiaalia eikä poisteta; näin ei synny myöskään hukajätettä.

3D-tulostimet yleistyvät nopeasti ja kuluttajakäyttöön tarkoitettujen tulostimien hinnat ovat laskeneet edullisiksi. Saatavana on myös rakennussarjoja, joista jokainen voi halutessaan rakentaa 3D-tulostimen vieläkin edullisemmin. Tulostimien hinnat alkavat noin kolmestasadasta dollarista.

1.2 Työn tavoitteet

Tämän opinnäytetyön ensisijainen tavoite on tutkia harrasteautojen osien valmistuksen ja suunnittelun mahdollisuuksia 3D-tulostinta apuna käyttäen. Opinnäytetyön toissijainen tavoite on mallintaa auton osia CAD-ohjelmalla.

1.3 Toimenpiteet tavoitteiden saavuttamiseksi

Tutkiminen aloitetaan selvittämällä 3D-tulostimen mahdollisuudet auton osien valmistamiseen sekä selvittämällä käytettävän muovilaadun kestävyys liuottimille sekä fyysiselle rasitukselle. Muovilaaduista löytyy paljon kirjallisuutta ja tietoa.

Seuraavana toimenpiteenä on ideoida 3D-tulostimen mahdollisia käyttökohteita autossa. Erityistä huomiota kiinnitetään muovilaadun soveltuvuuteen kemiallisesti, fyysisesti tai termisesti vaativissa kohteissa. Viimeinen toimenpide on suunnitella ja mallintaa kappaleita kyseessä oleviin kohteisiin.

1.4 Työn rajaukset

Opinnäytetyössä suunnitellaan osia CAD-ohjelmalla 3D-tulostinta varten. Esimerkiksi läppärungot sekä plenum, eli kokoojakammio olisi mahdollista valmistaa tulostamalla, riippuen käytettävän muovin kemiallisesta ja termisestä kestävyydestä.

Materiaalin fyysinen kestävyys olisi mahdollista tutkia kokeella ja suunnitellun kappaleen kestävyys simuloimalla CAD-ohjelmistolla mutta nämä rajataan työn ulkopuolelle. Tämä siksi, että materiaalien kestävyydestä on jo olemassa paljon kirjallista tietoa. Suunnitellun kappaleen lujuus riippuu kappaleen muodoista ja seinämävahvuuksista sekä siitä, tulostetaanko kappale ontoksi vai täytetäänkö hunajakennorakenteella tai tulostetaan täyteen muovia.

Lasikuitupuskurin muotti olisi mahdollista tehdä, mutta puskurin koosta johtuen muotti pitäisi valmistaa useammasta osasta, joten tämän valmistus rajataan työn ulkopuolelle. Tosin vanhemmassa harrasteautossa käytetään pienempää pusku-

ria, joten puskurin valmistus useammasta osasta olisi mahdollista. Työ rajataan käsittelemään kuluttajille tarkoitettuja 3D-tulostimia.

2 3D-TULOSTIMEEN TUTUSTUMINEN

2.1 3D-tulostimen esittely

3D-tulostin on laite, jolla valmistetaan kiinteä kappale kerros kerrokselta raaka-aineesta 3D-mallin perusteella.

3D-tulostin käyttää STL-formaattia 3D-tulosteen luomiseen. STL-formaatissa kolmiulotteinen kappale esitetään kolmiopintojen avulla. Koska kappaleen uusi pinta muodostuu kolmioista, ei se enää ole yhtä tarkka kuin alkuperäinen pinta. Pinnan tarkkuutta voidaan lisätä pienentämällä kolmioita, jolloin niiden määrä lisääntyy. Kolmioiden kokoa ja määrää kutsutaan kolmiointitoleranssiksi. (Syrjälä 1997, 16–17.)

3D-malli viipaloidaan ennen sen tulostusta tulostusohjelmassa. Käyttäjä valitsee mallille asennon sekä viipalepaksuudet. Ohuella viipalepaksuudella kappaleesta saadaan tarkempi, mutta valmistukseen kuluu pidempi aika. Myös materiaalin ominaisuudet vaikuttavat tarvittavaan viipalepaksuuteen. (Syrjälä 1997, 17–18.)

3D-tulostimia valmistetaan useissa eri hintaluokissa sekä eri käyttötarkoituksiin. Tulostimien hinnat alkavat noin kolmestasadasta dollarista. (Price compare - 3D printers 2013.)

2.2 3D-tulostimen toimintaperiaate

3D-tulostimet voidaan jakaa neljään eri tyyppiin toimintaperiaatteensa perusteella: nestettä kovettavat, sulasta materiaalista lisäävät, pulverista sintraavat tai sitovat sekä levystä leikkaavat tulostimet (Suokas 2006).

2.2.1 Nestettä kovettavat tulostimet

Stereolitografia (SLA) -tulostimet toimivat yleensä laserin ja UV-valon avulla. Ne käyttävät stereolitografiaa (SLA). SLA-laitteissa käytetään nestemäistä fotopoly-

meerihartsia, joka kovetetaan laserin avulla kerroksittain. Jokaisen kerroksen jälkeen tulostusalustaa lasketaan kerrospaksuuden verran, jolloin neste pääsee kerroksen päälle. Nesteen levittyminen varmistetaan vielä pyyhkäisevällä telalla. Kun kappale on valmis, se pestään ja jälkikovetetaan UV-valolla. (Syrjälä 1997, 24–27.)

2.2.2 Sulasta materiaalista lisäävät tulostimet

Fused Deposition Modeling (FDM) -tulostimet sulattavat muovia tai muuta materiaalia tulostusalustalle kerroksen, tämän jälkeen joko tulostuspää nousee tai tulostuslevy laskee kerrospaksuuden verran, ja tulostin tulostaa seuraavan kerroksen. Tämä toistuu, kunnes malli on rakennettu valmiiksi. (Syrjälä 1997, 35–38.)

Multijet Modeling Systems (MJM) -tulostimet muistuttavat mustesuihkutulostimia. Niiden tulostuspäässä on yleensä satoja suuttimia, ja ne voivat kertapyyhkäisyllä tulostaa jopa 100 mm leveän kaistaleen. Pyyhkäisyn jälkeen tulostusalusta laskeutuu kerrospaksuuden verran ja tulostin tulostaa uuden kerroksen. Tämä toistuu kunnes kappale on valmis. (Syrjälä 1997, 49–50.)

2.2.3 Pulverista sintraavat tai sitovat tulostimet

Selective Laser Sintering (SLS) -tulostimissa termoplastisesta jauheesta sintrataan tai sulatetaan laserin avulla kiinteä kappale. Laitteessa on kaksi kammiota, joista toinen on jauhesäiliö ja toinen tulostettavan kappaleen alusta. Kummankin kammi on pohjaa nostetaan tai lasketaan tilanteen mukaan. Ensin tela pyyhkii jauhetta tulostettavan kappaleen alustalle, josta laserilla sulatetaan ensimmäinen kerros alustalle. Tämän jälkeen jauhesäiliön pohja nousee hieman, tuoden lisää jauhetta saataville. Samalla tulostettavan kappaleen alusta laskee antaen tilaa seuraavalle kerrokselle. Kierro alkua taas alusta telan pyyhkäisyllä, kunnes koko kappale on tulostettu. Kappale jää pulverijauheen sisään, joten kappaleeseen ei tarvitse tehdä ylimääräisiä tukirakenteita ”tyhjän” päälle tulostettaessa. Valmiista kappaleesta tulee huokoinen ja sitä joudutaan ehkä lisätäyttämään. (Syrjälä 1997, 28–30.)

Direct Metal Laser Sintering (DMLS) -tulostin on hyvin samantapainen kuin SLS-tulostinkin, mutta sillä tulostettava kappale on suoraan valmis, eikä tarvitse jälkikäsittelyitä. DMLS-tulostimella tulostettuja kappaleita voidaan käyttää esim. ruiskupuristusmuotteina. (Syrjälä 1997, 33–34.)

2.2.4 Levystä leikkaavat tulostimet

Laminated Object Manufacturing System (LOM) -järjestelmässä ohuita kalvoja liimatetaan päällekkäin. Jokainen kalvo muodostaa uuden kerroksen ja kerroksien välissä laser leikkaa kalvon ääriviivat haluttuun muotoon. Lopputuloksena on valmis kappale, joka koostuu yhteenliimatuista ja leikatuista kalvoista. Kalvojen materiaalina voidaan käyttää esimerkiksi komposiittia, paperia tai PVC-muovia. (Syrjälä 1997, 38–41.)

2.3 Harrastajakäyttöön tarkoitetut tulostimet

Harrastajakäyttöön tarkoitetut tulostimet käyttävät FDM-tekniikkaa eli ne sulattavat kerros kerrokselta materiaalia alustalle. Ne tulostavat muovisia malleja. Yleisimmät materiaalit ovat ABS- ja PLA-muovi. Muovimateriaali on kerällä nauhana, josta syöttörullat syöttävät sitä pursottimelle. Pursotin sulattaa nauhan ja puristaa sen suuttimen läpi oikeaan paikkaan tulostuspöydälle. (Syrjälä 1997, 35–37.)

2.4 Tulostettavia materiaaleja

3D-tulostimella voidaan tulostaa monia eri materiaaleja. Yleisin tulostettava materiaali on muovi. Uusia materiaaleja kehitellään jatkuvasti.

2.4.1 ABS-muovi

Polystyreeni (PS) on homopolymeerinä lasinkirkasta ja haurasta (Järvinen 2000, 34). Polystyreenistä valmistetaan solupolystyreeniä (PS-E tai EPS) paisuttamalla

onttoja polystyreenirakeita vesihöyryn avulla. Solupolystyreeni tunnetaan kauppanimellä Styrox. (Järvinen 2000, 36.)

Kun Polystyreeniin kopolymeroidaan butadieenikumia, saadaan iskulujaa polystyreeniä (S/B). S/B ei ole läpinäkyvää, kuten PS, mutta sillä on parempi iskulujuus. (Järvinen 2000, 34.) Iskulujasta polystyreenistä valmistetaan muun muassa televisioiden koteloita ja videokasetteja (Järvinen & Laurila 2001, 46).

ABS-muovi on myös polystyreenin kopolymeeri, minkä styreeniketjuun on kopolymeroitu kahta monomeeriä, butadieeniä ja akryyliniiriä (Järvinen 2000, 40). ABS-muovi on, kuten iskuluja polystyreenikin, iskulujaa ja jäykkää. Sen pintakiilto, pintakovuus sekä kemikaalin kestävyys ovat kuitenkin S/B-muovia paremmat. (Järvinen ym. 2001, 48.)

Suomessa ABS-muovista valmistetaan sen ominaisuuksien takia valaisimia, jääkiekkomailan lavan ydinosia sekä metallilla päällystettynä Oraksen hanoja ja sekoittimia. ABS-muovin hyvän pintakiillon takia siitä valmistetaan myös erilaisten laitteiden, kuten puhelimien, moottorisahojen, ruohonleikkureiden sekä pölynimureiden kuoria. (Järvinen 2000, 40.) Lisäksi ABS-levystä valmistetaan lämpömuovattuja veneitä ja katsomoistuimia (Järvinen ym. 2001, 48).

2.4.2 PLA-muovi

Polylaktidi (PLA) on biohajoavaa muovia, sen raaka-aineena käytetään yleensä maissia (Mutanen 2006). Biomuovi on biomateriaalia, joka koostuu pääasiassa kasvikunnasta peräisin olevasta polymeeristä. Polymeeri joko erotellaan muista kasvikomponenteista tai jalostetaan kemiallisesti tai bioteknologisesti. (Södergård 2005.)

PLA-muovilla on hyvät tulostusominaisuudet. Lisäksi sillä on pienempi kutistumiskerroin kuin ABS-muovilla. (Pihlajamäki 2012.)

2.4.3 PA-muovi

Polyamidit (PA) ovat kiteisiä teknisiä muoveja. Usein PA-muovit nimetään niiden meerien sisältämien hiiliatomien mukaan, esimerkiksi: PA 6, PA 66, PA 12 ja PA 11. (Järvinen ym. 2001, 56.)

Polyamidista käytetään usein nimitystä Nailon ja siitä tehdään paljon tekstiilikuituja. PA 6 -muovia käytetään pakkauslaminaateissa, makkarankuorissa, työkaluissa, auton moottorikoteloissa, kuljetuspyörissä, hammaspyörissä, laakereissa, venttiileissä ja pumppujen osissa. Myös esimerkiksi Fiskarsin kirveenvarret tehdään lasikuidulla vahvistetusta PA 6 -muovista. PA 66 -muovista tehdään muun muassa auton imusarjoja ja kontaktorikoteloita. PA 11- ja PA 12 -muoveista valmistetaan pneumatiikkaputkia ja teknisiä ruiskuvaluosia. (Järvinen 2000, 48; Järvinen ym. 2001, 56.)

Polyamidilla on hyvä polttoaineen-, öljyn- ja kemikaalinkestävyys, lisäksi sillä on pieni kitkakerroin (Lesko 2008, 152). Järvisen (2000, 48) mukaan uusissa autoissa arvioidaan olevan 11 kiloa polyamidiosia autoa kohden, esimerkiksi imusarja, koristekapselit, ilmatyynykotelo ja lasinpyyhkimen kytkin ovat polyamidista valmistettuja osia. Tämä on työn kannalta mielenkiintoinen asia, koska polyamidilankaa on saatavilla kuluttajille tarkoitettuihin 3D-tulostimiin.

2.5 Autonvalmistajien käyttämiä muoveja

Autoteollisuudessa käytetään hyvin paljon erilaisia muoveja, tässä on listattuna yleisimmin käytetyt muovit:

- ABS eli akryylnitriilibutadieenistyreeni
- PUR eli polyuretaani
- PE-HD eli suuritiheyspolyeteeni
- SAN eli styreeniakryylnitriili
- PMMA eli akryyli
- PC eli polykarbonaatti
- PA eli polyamidi

- POM eli polyoksimetyyli tai polyasetaali
- PBT eli Polybuteenitereftalaatti
- TPE eli termoelasti
- PP eli polypropeeni. (Järvinen 2000, 40–57; Tekniset muovit, [Viitattu 24.5.2013].)

2.5.1 Polyuretaani PUR

Polyuretaani kestää hyvin hankausta sekä polttoaineita ja öljyjä. Sillä on lisäksi suuri vetolujuus ja se vaimentaa hyvin värähdyksiä. (Lesko 2008, 153.)

Polyuretaania käytetään autoteollisuudessa hammaspyöriin, mekaanisiin osiin, auton ulkopuolisiin osiin sekä korin listoihin (Lesko 2008, 153). Esimerkiksi auton kojelaudat ja spoilerit tehdään polyuretaanista (Järvinen 2000, 68).

2.5.2 Suuritiheyspolyeteeni PE-HD

Polyeteeni PE on eniten käytetty muovi maailmassa, se kehitettiin alun perin 1930-luvulla Englannissa. Siitä valmistetaan esimerkiksi muovipusseja. Polyeteenillä on kolme päätyyppiä, pientiheyspolyeteeni PE-LD, suuritiheyspolyeteeni PE-HD sekä suurmolekyylinen polyeteeni PE-HMW. (Järvinen 2000, 20.) Järvisen mukaan (s. 24, 148) autoteollisuudessa suuritiheyspolyeteeniä käytetään mm. bensatankkien ja lokasuojien valmistukseen.

2.6 Muovien ominaisuuksia

Muovit kellastuvat ja haurastuvat pitkäaikaiselle UV-säteilylle altistettuna. Muoviin sekoitetaan usein UV-stabilaattoreita, jotka vähentävät UV-säteilyn haittavaikutuksia. Myös muovin värillä ja pinnoitteella voidaan suojata muovi UV-säteilyä vastaan. Esimerkiksi muovi voidaan värjätä tummaksi tai pinnoittaa maalamalla tai muulla pinnoitteella. Autonkorien muoviosat ovatkin yleensä joko mustia tai suojattu maalamalla. (Järvinen ym. 2001, 14.) 3D-tulostimen muovinauhoja on saatavil-

la monissa eri väreissä, joten varsinkin auton ulko-osia tulostettaessa on järkevintä käyttää tumman väristä muovia.

Muovit imevät ilmasta kosteutta itseensä. Esimerkiksi polyamidikappaleiden mitat ja ominaisuudet muuttuvat ilman suhteellisen kosteuden vaikutuksesta. (Järvinen ym. 2001, 15.)

3 TULOSETTAVIEN OSIEN SELVITTÄMINEN

Autokäyttöön soveltuvien tulostettujen osien määrittämiseksi tässä työssä haasteltiin autoharrastajia. Tämän työn tekijällä oli myös muutama ajatus sopivista käyttökohteista. Seuraavana on esitelty erilaisia ideoita tulostettavien osien käyttökohteiksi sekä osien vaihtamisen tarkoituksperiä.

3.1 Ikkunaveivi

Ikkunaveiviä käytetään ikkunoiden avaamiseen ja sulkemiseen. Ikkunaveivi ei yleensä ole kovin kulunut vanhemmassakaan harrasteautossa, joten kulumisen vuoksi sitä ei yleensä vaihdeta. Ikkunaveivin vaihdolla voidaan hakea ohjaamoon urheilullisempaa ilmettä.

Syy ikkunaveivin vaihtoon voi myös olla, että oveen tarvitaan lisää tilaa esimerkiksi kaiuttimia varten, joten ikkunaveivi vaihdetaan lyhyempään malliin. On myös mahdollista, että vanha veivi on katkennut tai kadonnut remontin yhteydessä ja joudutaan siksi vaihtamaan. (Perämäki 2013.)

3.2 Vaihdekepin nuppi

Erilaisia vaihdekepin nuppeja myydään jälkimarkkinoilla runsaasti ja mallivalikoima on laaja. Jos vaihdekepin nuppi vaihdetaan autoon, tehdään se usein ulkonäkösyistä. Vanha nuppi voi olla kulunut tai halutaan muuten vain autoon urheilullisempaa tai tyylikkäämpää ilmettä. Jälkimarkkinanuppi voi myös olla ergonomisempi käteen kuin alkuperäisnuppi.

Nuppi on helppo vaihtaa autoon, jossa ei ole peruutusvaihteen lukkoa vaihdekepin päällä. Ilman peruutusvaihteen lukkoa olevissa autoissa vaihdekepin päällä ja alkuperäisen nupin pohjassa on yleensä kierre, joten alkuperäinen nuppi lähtee kiertämällä irti. Kierteitä on olemassa eri halkaisijalla automallista riippuen, mutta tarvikenupin sopivuuden takaaminen mahdollisimman moneen automalliin on johtanut siihen, että moni tarvikenupin valmistaja on korvannut kierrekiinnityksen ruuvikiin-

nityksellä. (Perämäki 2013.) Koska tässä työssä nuppi suunnitellaan vain yhteen automalliin, voidaan nuppia tulostaessa määrittää nupin pohjassa olevan reiän halkaisija esimerkiksi 30 % tarvittavaa pienemmäksi ja porata reikä tulostuksen jälkeen sopivaksi vaihdekepile, sekä tehdä reikään kierre jälkeinpäin kierretyökallulla.

3.3 Läppärunko

Läppärungolla pyritään parantamaan auton moottorin kaasunvaihtoa ja näin nostamaan moottorin tehoa. Läppärunko kiinnitetään imusarjan päähän kaasuttimen tai kaasuläpän ja kokoojakammion tilalle. (Piri 2013.)

Imusarja on kanavisto, jonka sisällä poltettava kaasu tai ilma johdetaan palotilaan. Hyvän ja tasaisen täytöksen saamiseksi sylinteriin, jokaisen imukanavan tulisi olla samanpituinen ja -muotoinen. Imusarjoja valetaan valuraudasta tai kevytmetalliseoksesta, mutta nykyään ovat yleistyneet muoviset imusarjat. (Rantala 2002, 62.)

Parempi moottorin täytös nostaa moottorin hyötysuhdetta. Hyötysuhteen paraneminen lisää moottorin tehoa ja vähentää polttoaineenkulutusta. Moottorin täytöstä voidaan parantaa väljentämällä imukanavia ja tekemällä niistä mahdollisimman suorat. (Huhtamaa ym. 1996, 15.)

Pitkät imukanavat lisäävät moottorin vääntömomenttia pienillä kierrosnopeuksilla. Tämän saa aikaan dynaaminen ahtamismenetelmä nimeltä imuaaltoahtaminen. Imuaaltoahtaminen perustuu siihen, että kaasupatsaalla on liike-energiaa kun se liikkuu imukanavassa. Kaasupatsaan liike-energia muodostaa ylipaineen imuventtiilin taakse, jolloin Imuventtiilin auetessa sylinteriin virtaa ylimääräistä kaasua. Tämä parantaa moottorin täytöstä. (Huhtamaa ym. 1996, 15.)

Suurilla moottorin kierrosnopeuksilla lyhyt imusarja parantaa täytösastetta imukanavan pienemmän ilmanvastuksen vuoksi (Huhtamaa ym. 1996, 16). Auton moottorin virittämisessä on usein tarkoituksena saavuttaa huipputeho. Moottorin teho lasketaan kertomalla kampiakselin kulmanopeus mitatulla vääntömomentilla (Rantala 2002, 186), tällöin moottorin huipputehon saavuttamiseksi tarvitaan kor-

kea moottorin pyörintänopeus. Tämän vuoksi virityskäyttöön myytävät imusarjat ovat usein lyhyitä ja suorina.

Moottorin virityskäyttöön myydään alkuperäistä paremmin hengittäviä imusarjoja. Lisäksi viritysimusarjoja on saatavilla eri jaoilla erilaisille tuplakaasuttimille tai läppärungoille. Vakioimusarjan ja kaasuttimen tai läppärungon väliin jouduttaisiin valmistamaan adapteri, jos siihen olisi tarkoitus kiinnittää virityskaasutin tai läppärunko. Lisäksi vakioimusarjaan saa yleensä kiinni vain yhden kaasuttimen. (Perämäki 2013.)

Normaalissa polttoaineen suihkutuksella varustetussa auton moottorissa on vain yksi kaasuläppä. Korkealla kierrosluvulla moottori tarvitsee paljon ilmaa. Imusarja ja läppärungot vaihtamalla pystytään parantamaan moottorin kaasunvaihtoa suurilla kierroksilla koska tällöin jokaisen imuputken päässä on oma kaasuläppänsä. (Piri 2013.)

Kaasuttimella varustetussa autossa läppärungot asennetaan kaasuttimen tai kaasuttimien tilalle silloin, kun moottoriin asennetaan korvaava ruiskunohjausjärjestelmä. Ruiskunohjausjärjestelmän avulla moottoriin voidaan syöttää täsmälleen oikea määrä polttoainetta eri ajotilanteiden mukaan. Tällä saavutetaan tehon lisäys sekä mahdollinen polttoaineen kulutuksen säästö. Lisäksi moottorin kaasunvaihto suurilla kierroksilla paranee. (Piri 2013.)

Jälkimarkkinoilla myytävät läppärungot maksavat paljon, joten autoharrastajia kiinnostaisi mahdollisuus tulostaa läppärungot edullisesti itse.

3.4 Lisämittarikotelo

Autoa rakennettaessa ohjaamoon lisätään usein lisämittareita moottorin olosuhteiden seuraamista varten. Mittareista voi seurata esimerkiksi öljyn lämpötilaa, öljynpainetta, veden lämpötilaa, pakokaasun happipitoisuutta ja muuta moottorista saatavaa informaatiota. Mittarit ovat tarpeellisia varsinkin silloin kun moottorin viritystasetta on nostettu. Esimerkiksi öljynlämpötilamittari kertoo milloin moottoriöljy on tarpeeksi lämmin voitelemaan moottoria kovan rasituksen alla. Viritetty moottori on herkempi ylikuumenemaan, joten viritetyssä autossa on tärkeitä olla veden

lämpömittari. Siitä pystytään nopeasti lukemaan moottorin ylikuumenemisaikeet. (Perämäki 2013.)

Useita erityyppisiä lisämittarikoteloita myydään tarvikekaupoissa eri valmistajien toimesta. 3D-tulostimen avulla autoharrastaja voi valmistaa oman lisämittarikotelonsa ja suunnitella sen muodon sopimaan juuri tiettyyn paikkaan omassa autossaan.

3.5 Kaiuttimen korokerengas

Kun auton alkuperäinen ovikaiutin vaihdetaan laadukkaampaan jälkiasennusmalliin, joudutaan usein käyttämään korokerengasta oven ja uuden kaiuttimen välissä. Tämä johtuu siitä, että jälkiasennuskaiutin on yleensä varustettu korkeammalla magneetilla, joka muuten estäisi oven ikkunalasin avautumisen alas asti. Myös kiinnityksestä saadaan tukevampi kiinnittämällä korokerengas oven sisäpeltiin ruuveilla ja muttereilla. Korokerenkaiden materiaalina on yleisesti käytetty vaneritai mdf-levyä, mutta myös tulostamalla on mahdollista valmistaa muovista vastaava korokerengas.

3.6 Refleksiputken päätykappale

Refleksikotelo on yksi subwooferkoteloiden tyypeistä. Refleksikotelossa käytetään refleksiputkea nostamaan kotelon herkkyyttä kotelon refleksitaajuudella ja sen yläpuolella, sekä pienentämään säröä. Refleksikotelon tilavuus sekä refleksiputken halkaisija ja pituus lasketaan koteloon kiinnitettävän subwoofer-elementin ominaisuuksien perusteella. Kotelon tilavuus sekä putken pituus ja halkaisija määrittävät kotelon ja kaiutinelementin soittaman taajuusvasteen. (Refleksikotelo, [Viitattu 7.5.2013].)

Refleksiputki voi olla yksinkertaisimmillaan vain suora putki. Putkessa liikkuu elementtiä soittaessa ilmaa edestakaisin, mikä aiheuttaa putken päissä ilman pyörteilyä. Pyörteily kuuluu äänessä puhaltamisena ja se myös pienentää subwooferista saatavaa äänenpainetta. Ilman pyörteilyn vähentämiseksi refleksiputken päihin

asennetaan usein suppilomaiset päätykappaleet. Päätykappaleita voi ostaa kaupasta, mutta autoharrastaja voi myös tulostaa päätykappaleen itse 3D-tulostimella. (Perämäki 2013.)

3.7 Puhelimen teline

Suomen tieliikennelaki (1981, 24 a §: Viestintälaitteiden käyttö ajon aikana) kieltää matkapuhelimen käytön ajon aikana siten, että matkapuhelinta pidetään kädessä. Tämän vuoksi, jos ajon aikana käytetään puhelinta, tulisi sillä olla teline.

Puhelimen ollessa telineessä voidaan sitä käyttää kaiuttimella tai handsfreen kanssa. Matkapuhelimen telineitä myydään tarvikkeena, mutta harrastajan itse suunnittelema teline on yksilöllisempi kuin tarviketeline sekä materiaalikuluiltaan edullisempi.

Lähes kaikissa älypuhelimissa on nykyään mahdollisuus käyttää navigaattoria. Autoillessa puhelimen navigaattorin käyttöä helpottaa teline, koska muuten puhelin liukuu pitkin kojelautaa, eikä pysy sellaisessa asennossa, että näytöstä näkisi ajo-ohjeet (Mäensivu 2013).

3.8 Sivupeiili

Auton sivupeiilit voivat joutua ilkivallan kohteeksi. Sivupeiilit joutuvat myös rasitukselle ajoviiman sekä hiekkapölyn vuoksi ja kuluvat ajan mittaan. Sivupeiilejä vaihdetaan useimmiten ulkonäön vuoksi.

Jälkimarkkinoilla myydään paljon erilaisia sivupeiilejä, mutta vanhempaan harrasteautoon tarkoitettuja malleja on harvemmin tarjolla. 3D-tulostimella harrastaja voi tulostaa juuri omaa autoaan varten itse suunnittelemansa sivupeiilit.

3.9 Diskanttiline

Diskanttikaiutin on tärkeä osa auton äänentoistoa. Se toistaa korkeat taajuudet 2,5 kHz – 40 kHz. Korva erottaa diskanttikaiuttimen sijainnin autosta, koska korva tunnistaa parhaiten korkeiden äänien suunnan. Siksi diskanttien sijoitus autossa on tärkeää äänentoiston kannalta. Diskanttien pitäisi myös olla mahdollisimman kaukana toisistaan hyvän stereokuvan saamiseksi. Looginen sijainti diskanttikaiuttimille on a-pilareissa, peilikolmioissa tai kojelaudan nurkissa. Myös diskantin suuntaus on tärkeää, koska elementti ei toista kovin leveää kaistaletta ääntä vääristymättä. (Perämäki 2013.)

Autotarvikeliikkeissä myydään diskanteille asennustelineitä muun muassa a-pilareihin. 3D-tulostimen avulla autoharrastajalla on mahdollisuus suunnitella ja valmistaa diskanttiline autoonsa oman autonsa akustisesti parhaaseen paikkaan oikealla suuntauksella.

3.10 Aurinkolipan kiinnike

Monista autoista hajoaa vanhemmiten aurinkolipan kiinnike, jolloin lippa roikkuu saranansa varassa. 3D-tulostimella voi valmistaa helposti uuden kiinnikkeen.

3.11 Lukon nuppi

Lukon nuppeja vaihdetaan autoihin koristeellisista syistä. Lukuisia erilaisia malleja on saatavilla tarvikeliikkeissä. 3D-tulostimella autoharrastaja voi valmistaa haluamansa yksilöllisen lukon nupin autoonsa.

3.12 Käsijarrukahva

Käsijarrukahvoja vaihdetaan erikoismallisiin ulkonäkösyiden takia. Autotarvikeliikkeissä myydään useita erilaisia käsijarrukahvoja eri valmistajien valmistamina. 3D-

tulostus antaa autoharrastajalle mahdollisuuden suunnitella ja valmistaa haluamansa tyylinen käsijarrukahva.

3.13 Lokasuojan levike

Lokasuojan levikkeet tehdään yleensä muovista, lasikuidusta tai pellistä. Harrastuskäyttöön tarkoitettujen 3D-tulostimien pienen koon vuoksi lokasuojan levikkeet joudutaan tulostamaan useasta kappaleesta ja liittämään jälkikäteen yhteen.

3D-mallinnusohjelmalla autoharrastaja pystyy suunnittelemaan erilaisia lokasuojan levikeitä ja valitsemaan niistä parhaiten omaa silmäänsä miellyttävän mallin autoonsa. Lisäksi hän voi tulostaa ja sovittaa autoonsa useita erilaisia prototyypppejä, joista valitsee mielestään parhaan. 3D-tulostimella voi myös tulostaa muotin lasikuituisten lokasuojien valmistamista varten.

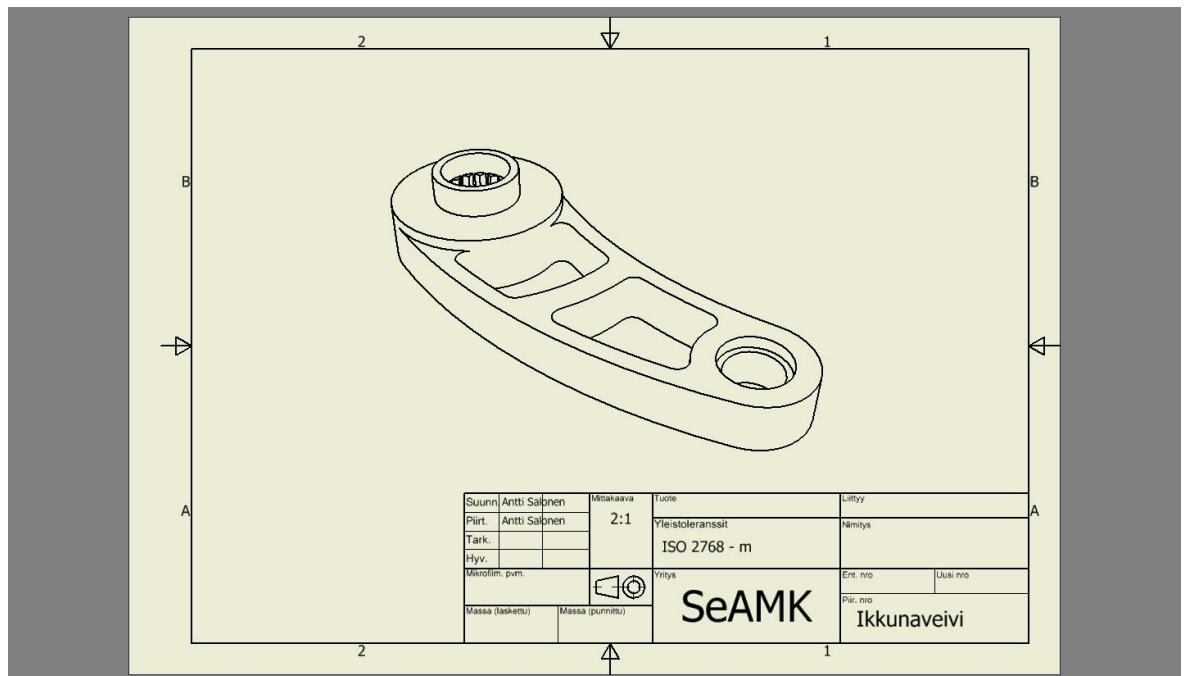
4 MALLIEN LAATIMINEN JA NIIDEN ANALYSOINTI

Mallien suunnittelussa on kiinnitetty huomiota kappaleiden ulkonäköön sekä helppoon tulostettavuuteen. Työssä suunnitelluista malleista voidaan 3D-tulostimella valmistaa toimivia osia syöttämällä 3D-malli tulostimen ohjelmistolle.

4.1 Ikkunaveivi

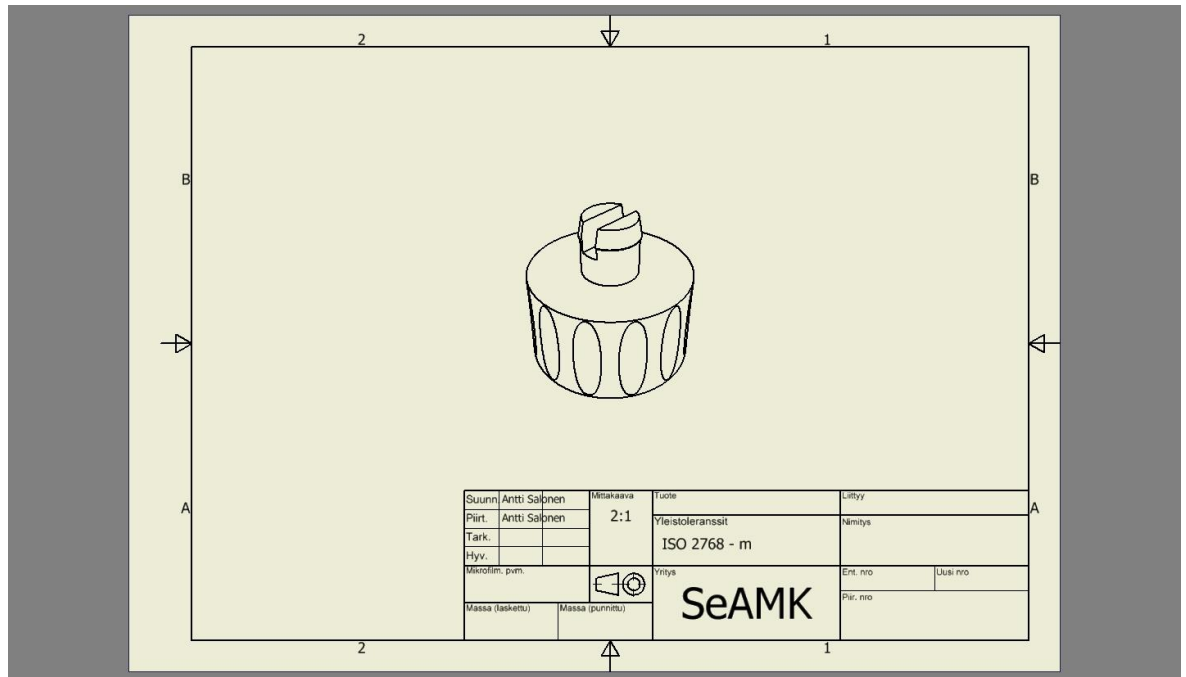
Ikkunaveivin suunnittelu aloitettiin mittaamalla alkuperäisen ikkunaveivin mittasuhteita ja ulkomittoja. Ikkunaveivi koostuu kahdesta osasta: rungosta ja nupista.

Aluksi piirrettiin ikkunaveivin runko, johon tehtiin runkoa keventäviä, sekä tulostusaikaa vähentäviä koristeaukkoja. Tämän jälkeen kohotettiin veivin alkupään, jotta runko ei ota ovipaneeliin veiviä pyöritettäessä. Seuraavaksi mitattiin alkuperäisestä veivistä kiinnityksen hammastus, jonka jälkeen piirrettiin ja kohotettiin vastaava hammastus runkoon. Lopuksi tehtiin reikä ikkunaveivin nupille. (Kuvio 1.)



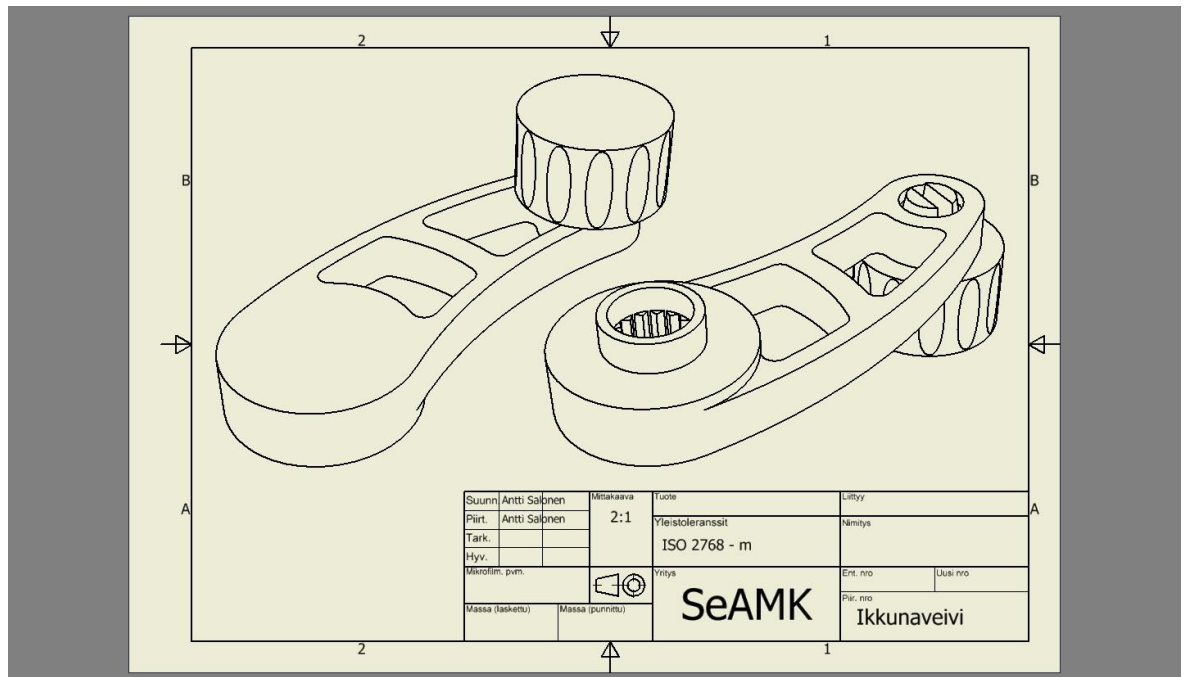
Kuvio 1. Ikkunaveivin varsi.

Ikkunaveivin nupin suunnittelu aloitettiin tutkimalla alkuperäisen nupin mittasuhteita. Nuppiin piirrettiin urat, jotka helpottavat tarttumista. Nupin kiinnitykseksi suunniteltiin hakaset, jotka pitävät nupin kiinni varressa, mutta antavat nupin pyöriä pituusakselinsa ympäri (kuvio 2).



Kuvio 2. Ikkunaveivin nuppi.

Runko ja nuppi tulostetaan erikseen ja kiinnitetään toisiinsa vasta valmiina. Lopuksi nuppi ja varsi yhdistettiin Inventor-ohjelmalla, mikä paljasti lopullisen tuotteen ulkonäön. Kuviossa 3 on kuvattuna ikkunaveivi etu- ja takapuolelta.

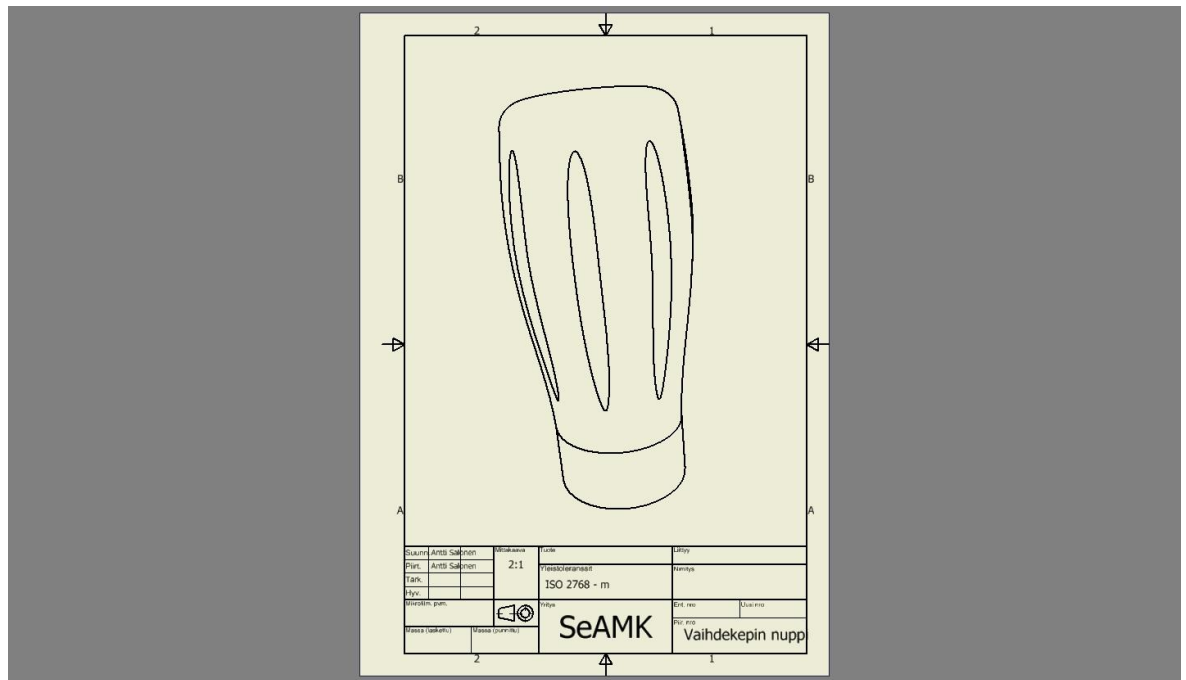


Kuvio 3. Ikkunaveivi kokonaisena.

Ikkunaveivin tulostuksessa on hyvä käyttää ABS-muovia, koska sillä on hyvät ominaisuudet iskulujuudessa ja jäykkyydessä.

4.2 Vaihdekepin nuppi

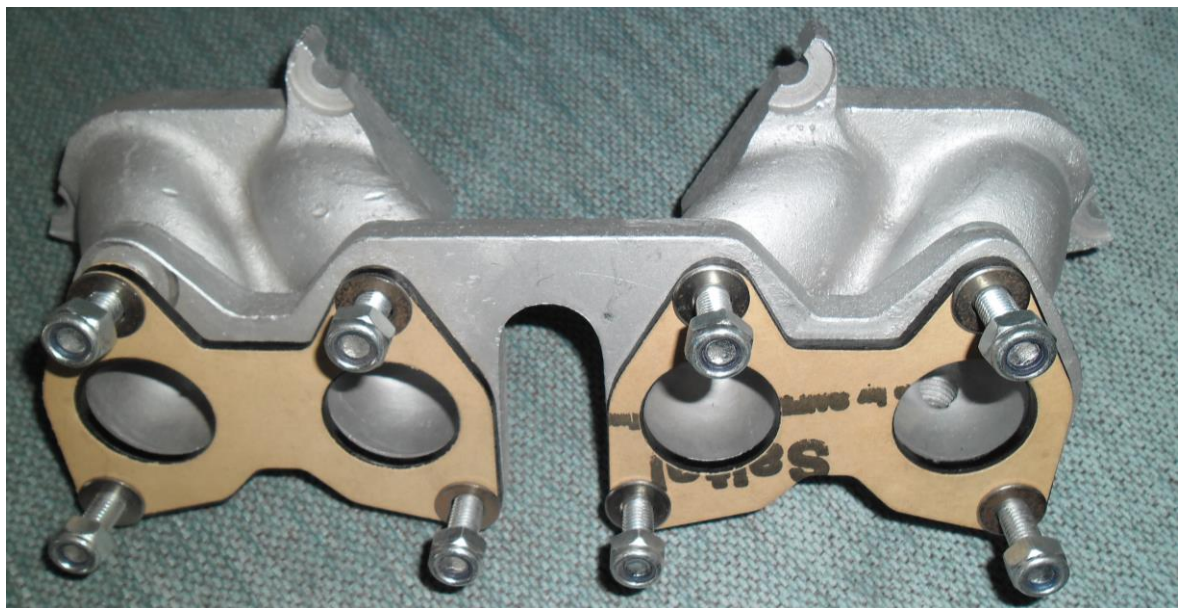
Vaihdekepin nuppi on helppo suunnitella ja valmistaa. Yksinkertaisimmillaan nuppi voisi olla vain tasapaksu ympyrälieriö eli mallinnusohjelmassa vain ympyrä, joka paisutetaan oikeaan pituuteensa. Nupista suunniteltiin kuitenkin hieman koristeellisempi: Nuppiin tehtiin kolme eri halkaisijaa, kulmat pyöristettiin ja lisättiin tarttumista helpottavat leikkaukset. Vaihdekepin nuppi on esitettyä kuviossa 4. Lopuksi pohjaan tehtiin reikä, josta nuppi kiinnitetään vaihdekeppiin. Reikä voidaan porata tulostuksen jälkeen oikeaan kokoon ja kierteistää kierretyökalulla. Vaihdekepin nuppi kannattaa tulostaa ABS-muovista sen pintakiillon ja -kovuuden vuoksi.



Kuvio 4. Vaihdekepin nuppi.

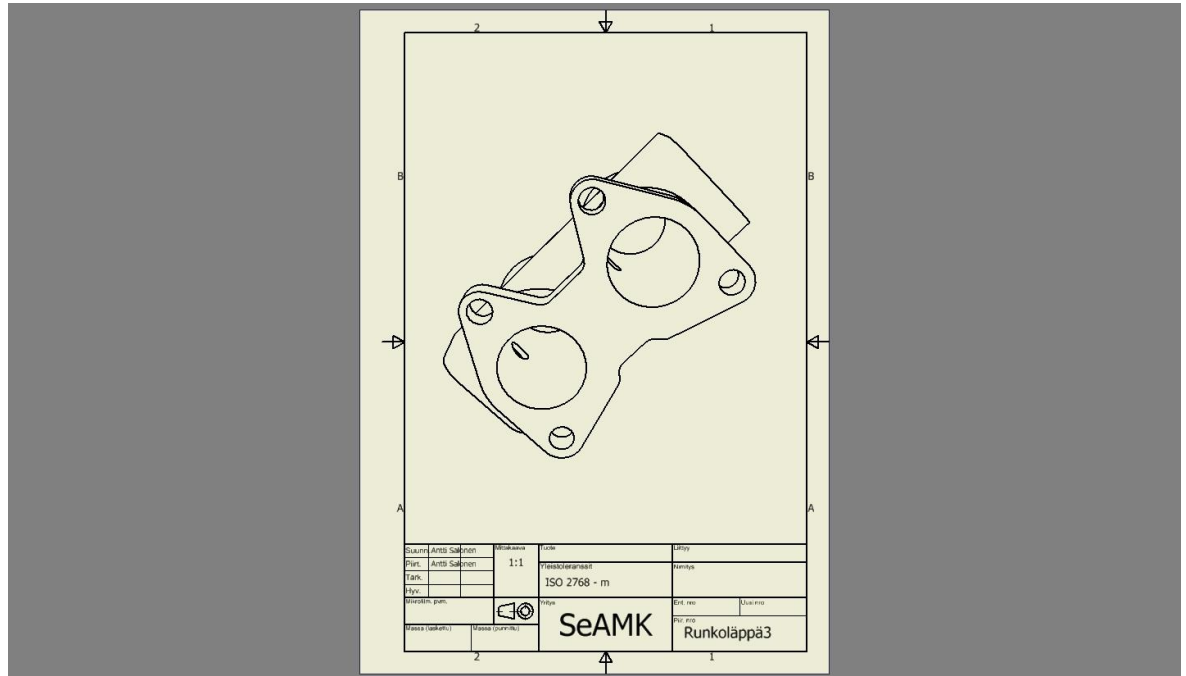
4.3 Lämpärunko

Lämpärungon suunnittelemiseen aloitettiin mittaamalla kiinnityslaipan mittoja imusarjasta. Imusarja sopii Datsunin a14-moottoriin ja siinä on sopiva kiinnitys Dellorto DHLB -vaakaimukaasuttimille. Imusarja on kuvattuna kuviossa 5.



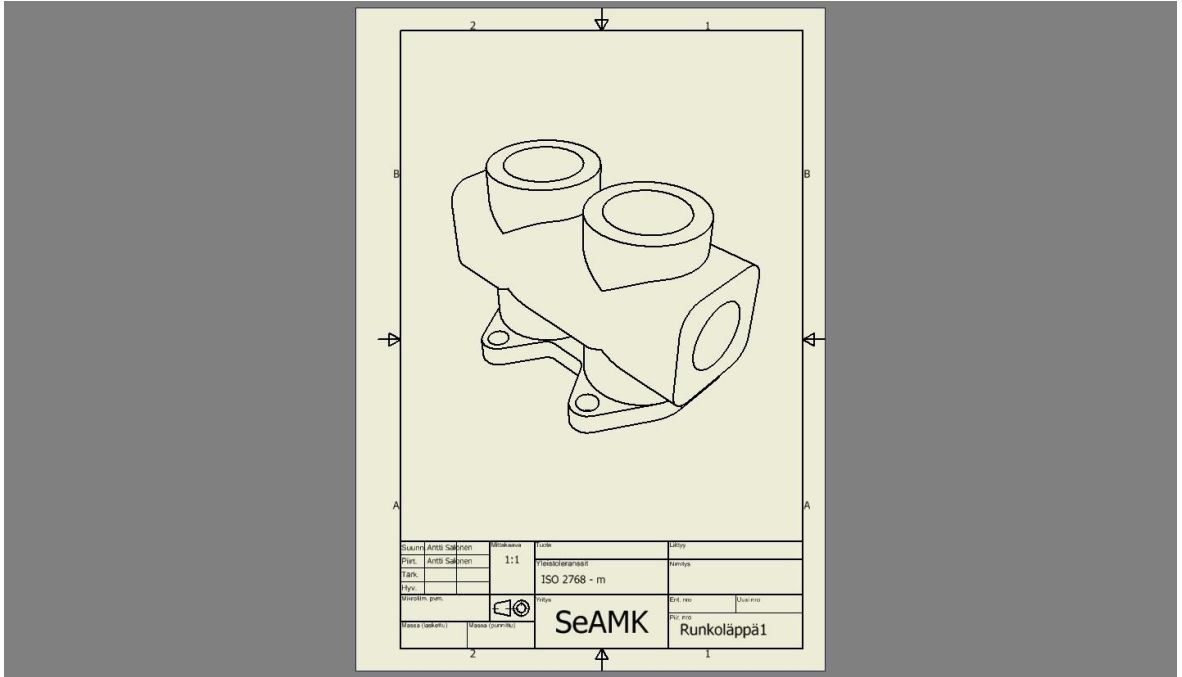
Kuvio 5. Imusarja.

Aluksi piirrettiin läppärungon kiinnityslaippa ja paisutettiin siihen paksuutta (Kuvio 6).



Kuvio 6. Läppärungon laippa.

Tämän jälkeen laippaan paisutettiin läppärungon putket. Seuraava vaihe oli piirtää kaasuvivustolle ja kaasuläppäanturille kiinnityskohdat sekä kaasuläppäakselille runko. Seuraavaksi tehtiin reiät kummallekin kurkulle ja kaasuläppäakselille, sekä pyöristettiin kaasuläppäakselin rungon teräviä kulmia. Putket ja runko näkyvät kuviossa 7.

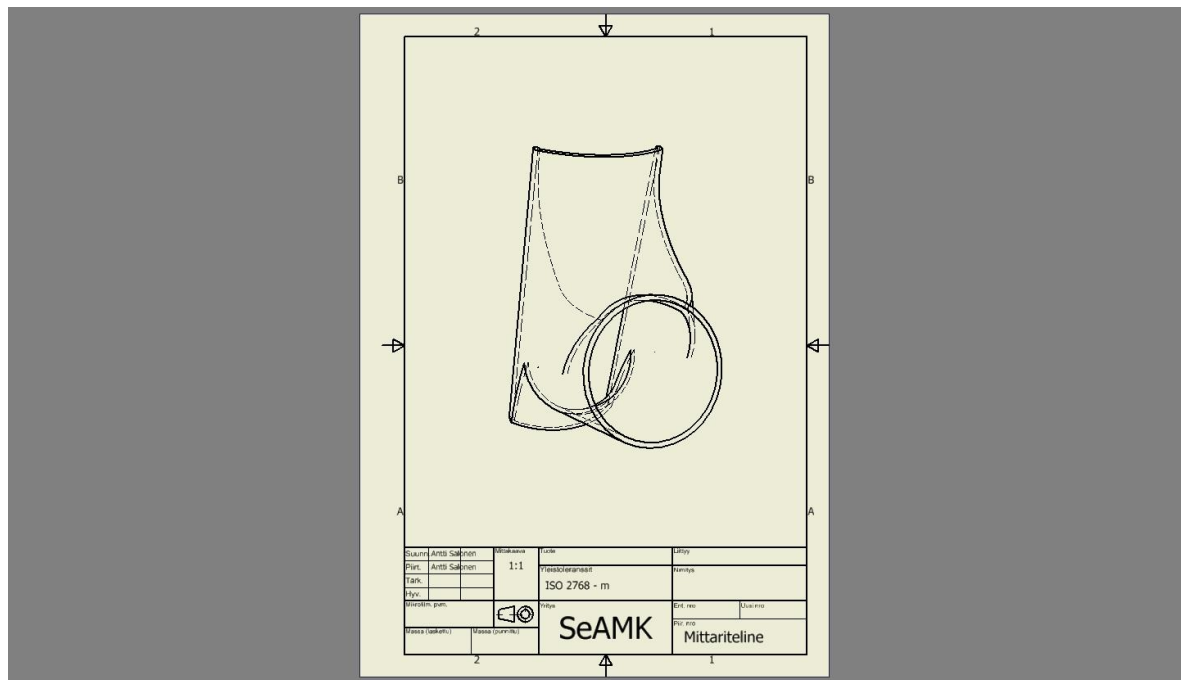


Kuvio 7. Läppärungon runko ja putket.

Lopuksi tehtiin pesät kaasuläppäakselin laakerille ja säteisakselitiivisteelle. Kaasuläppäakselin halkaisijaksi suunniteltiin 10 mm, säteisakselitiivisteen mitoiksi valittiin 10 x 30 x 8 mm sekä laakerin mitoiksi 10 x 30 x 9 mm. Laakeri- ja säteisakselitiivistepesät sekä kaasuläppäakselin reikä näkyvät kuviossa 8.

reille tyypillinen 52 mm ja pituus 74 mm. Näiden tietojen pohjalta aloitettiin mittarikotelon piirtäminen 3D-suunnitteluohjelmalla.

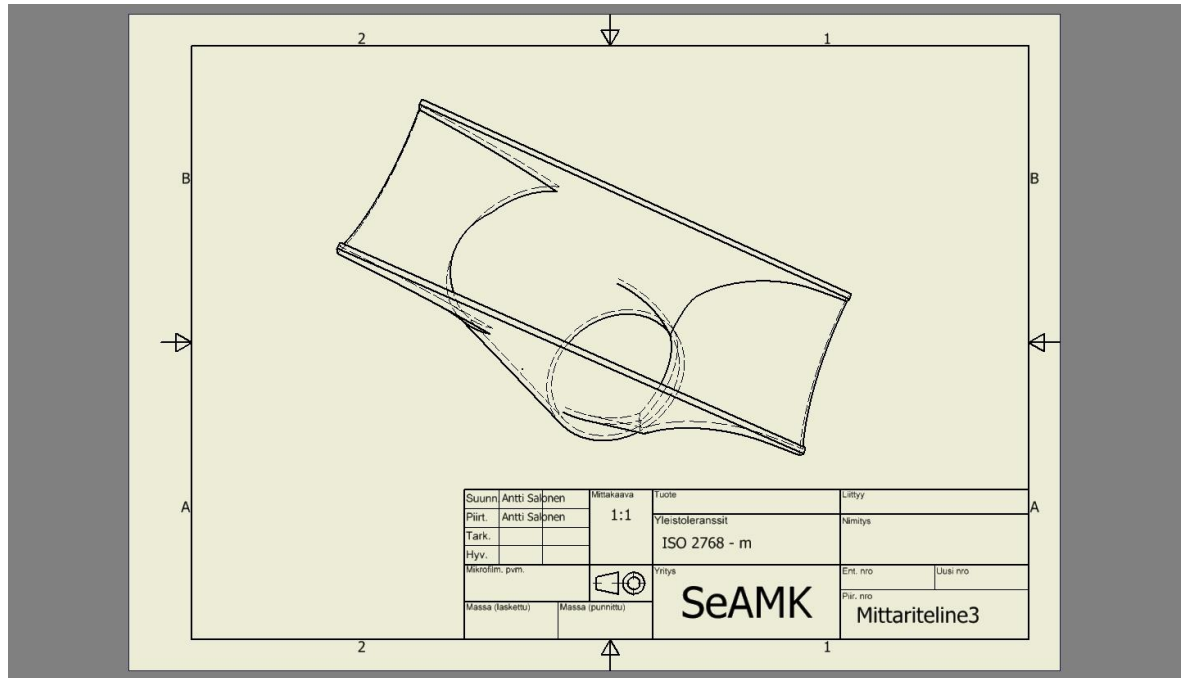
Mittarikotelo oli monimutkainen piirtää, johtuen monista tarvittavista muodoista ja kulmista (kuvio 9). Mittariosalle tehtiin 80 mm syvä tila, että myös mittarin johdot mahtuvat kotelon sisään.



Kuvio 9. Lisämittarikotelo.

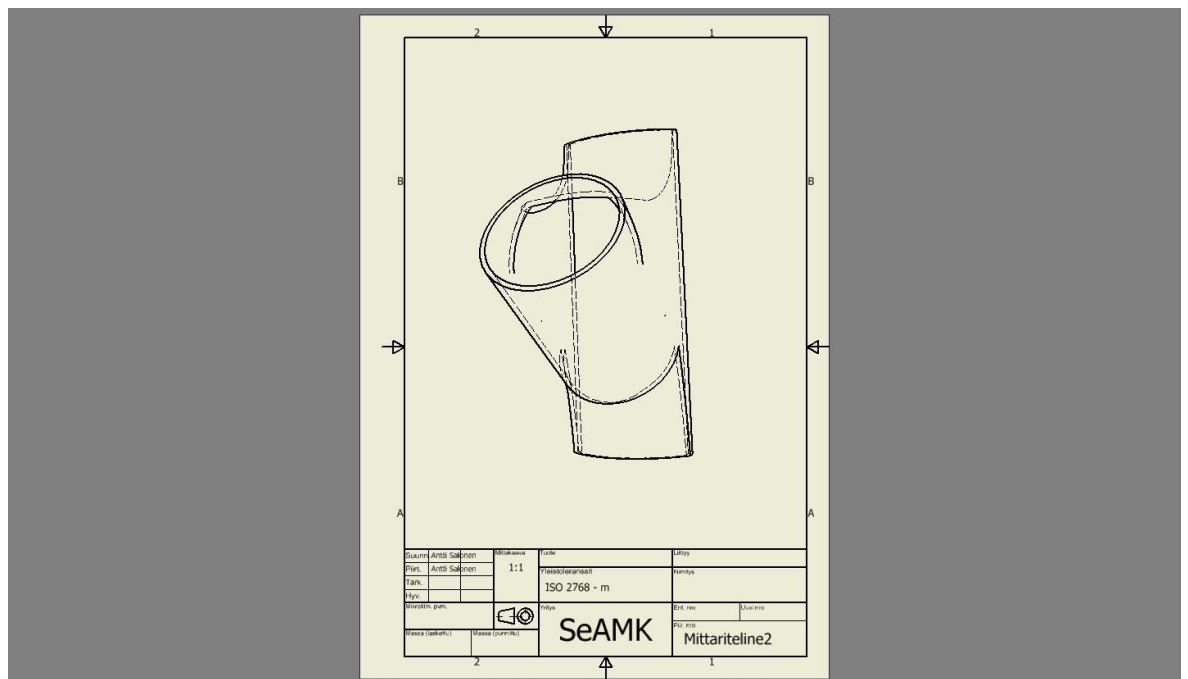
Aluksi kotelosta tehtiin pidempi, mutta koska harrastajakäyttöön tarkoitetuissa 3D-tulostimissa on rajoitetun kokoinen tulostusalue, jouduttiin koteloä lyhentämään. Esimerkiksi miniFactory™ v2.0 -3D-tulostimessa tulostusalue on 150 mm leveä, 150 mm pitkä ja 155 mm korkea (Pihlajamäki 2013). Tämän vuoksi kotelo lyhennettiin 148 mm:n pituiseksi.

Seuraavaksi lisämittarikotelosta tehtiin ontto kaivertamalla sen tausta tyhjäksi. Seinämävahvuudeksi jätettiin 2 mm, mikä tekee kotelosta tarpeeksi tukevan. Lisämittarikotelon sisäosan rakenne on esillä kuviossa 10.



Kuvio 10. Lisämittarikotelo takapuolelta kuvattuna.

Viimeinen vaihe lisämittarikotelon piirtämisessä oli tehdä reikä mittarille, joten koteloon tehtiin 52 mm reikä reikätyökalulla. Reikä on esitetty kuviossa 11.



Kuvio 11. Mittarin paikka lisämittarikotelossa.

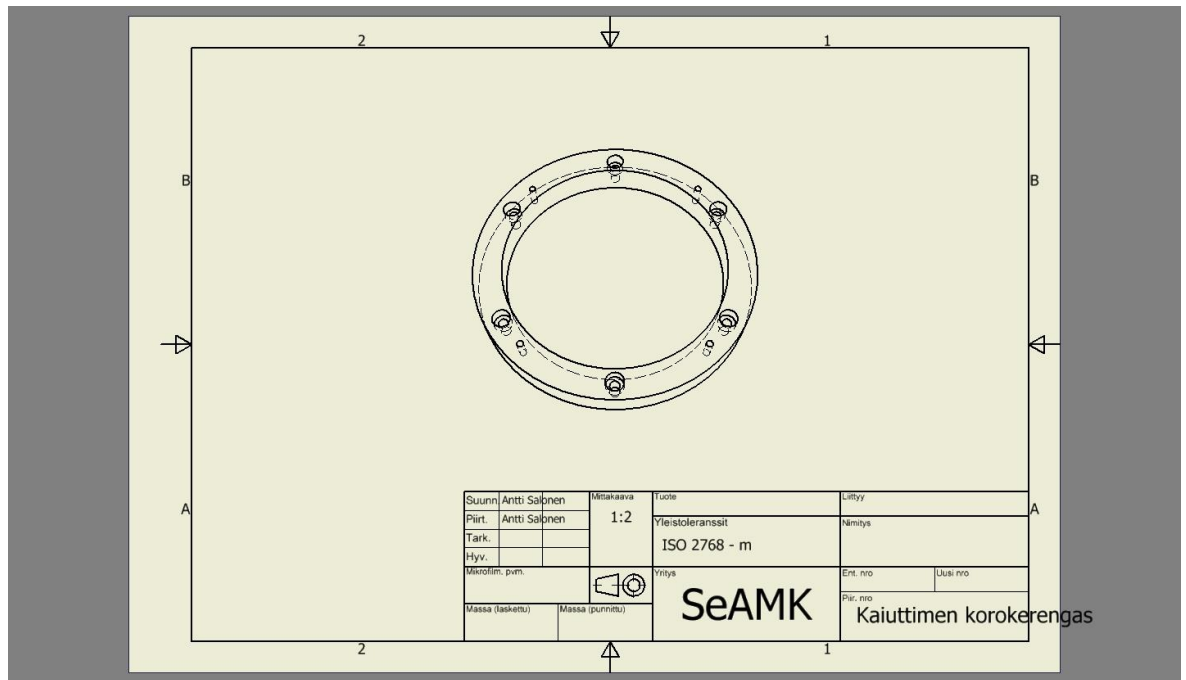
Lisämittarikotelo on järkevintä tulostaa ABS-muovista, koska a-pilariin sijoitettuna se on lähes jatkuvasti auringon UV-valolle altistettuna.

4.5 Kaiuttimen korokerengas

Kohdekaiuttimeksi valittiin DSL:n valmistamat MS6-kaiuttimet. Kaiuttimien koko ilmoitetaan vakiintuneen käytännön mukaisesti tuumina. Kyseiset kaiuttimet ovat 6,5 tuumaiset eli noin 165 mm halkaisijaltansa.

Korokerengaan suunnittelu aloitettiin mittaamalla kaiuttimen sekä suojaritilän mitat. Myös kaiuttimien asennusohjetta tutkittiin (Reference Series Car Audio Speakers, [Viitattu 7.5.2013]). Ohjeesta löytyi asennusreiän halkaisija sekä jakoympyrän halkaisija.

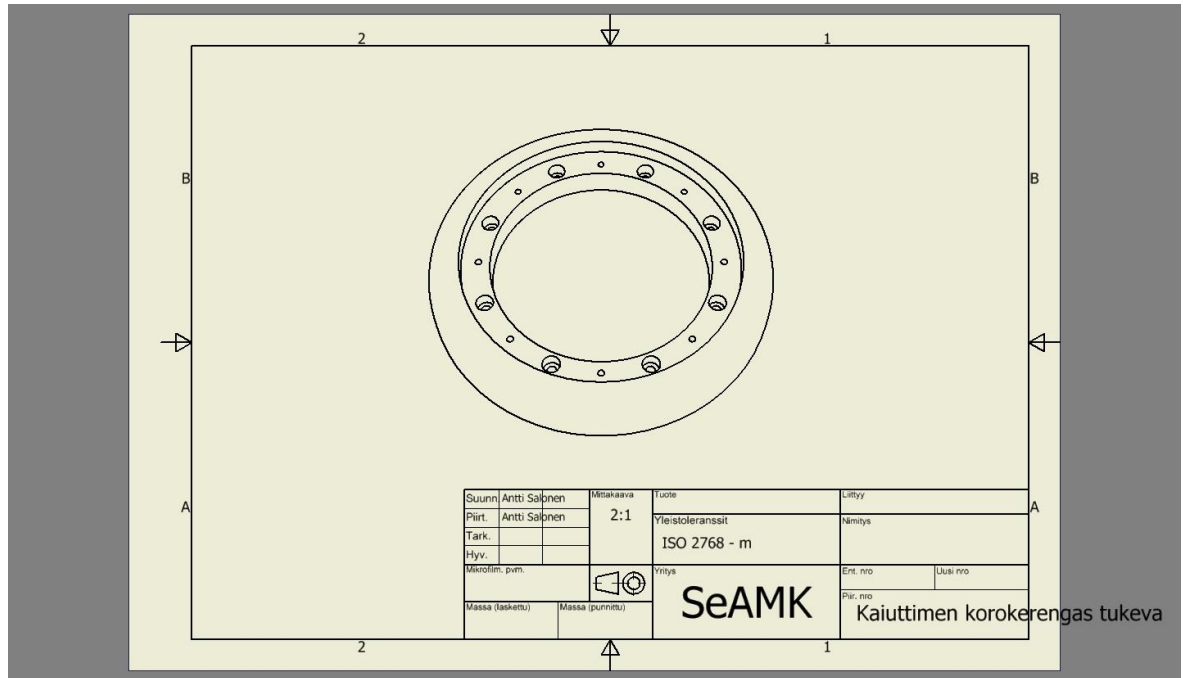
Korokerengas oli melko yksinkertainen piirtää. Ensiksi tehtiin kaiuttimen ja sen suojaritilän mitoilla rengas, joka kohotettiin halutun korkuiseksi. Tämän jälkeen tehtiin 4 mm:n kiinnitysreikä kaiuttimelle. Reikää ei tarvitse tehdä läpi asti. Seuraavaksi reikä monistettiin kiertämään renkaan pystyakselin ympäri. Lopuksi tehtiin 6 mm:n reiät korotusrenkaan kiinnityspulteille. Rei'istä pitää tehdä uppokantaiset, että kaiutin pystytään kiinnittämään korokerengaaseen (kuvio 12).



Kuvio 12. Kaiuttimen korokerengas.

Korokerenkaan ulkohalkaisijaksi piirrettiin 177 mm, koska kaiuttimen suojaritilä oli halkaisijaltaan tämän kokoinen. Korokerenkaan koon vuoksi se joudutaan tulostamaan kolmessa osassa ja osat joudutaan liittämään jälkikäteen yhteen. 3D-tulostimen ohjelmisto osaa jakaa korokerenkaan osiin (Pihlajamäki 2012).

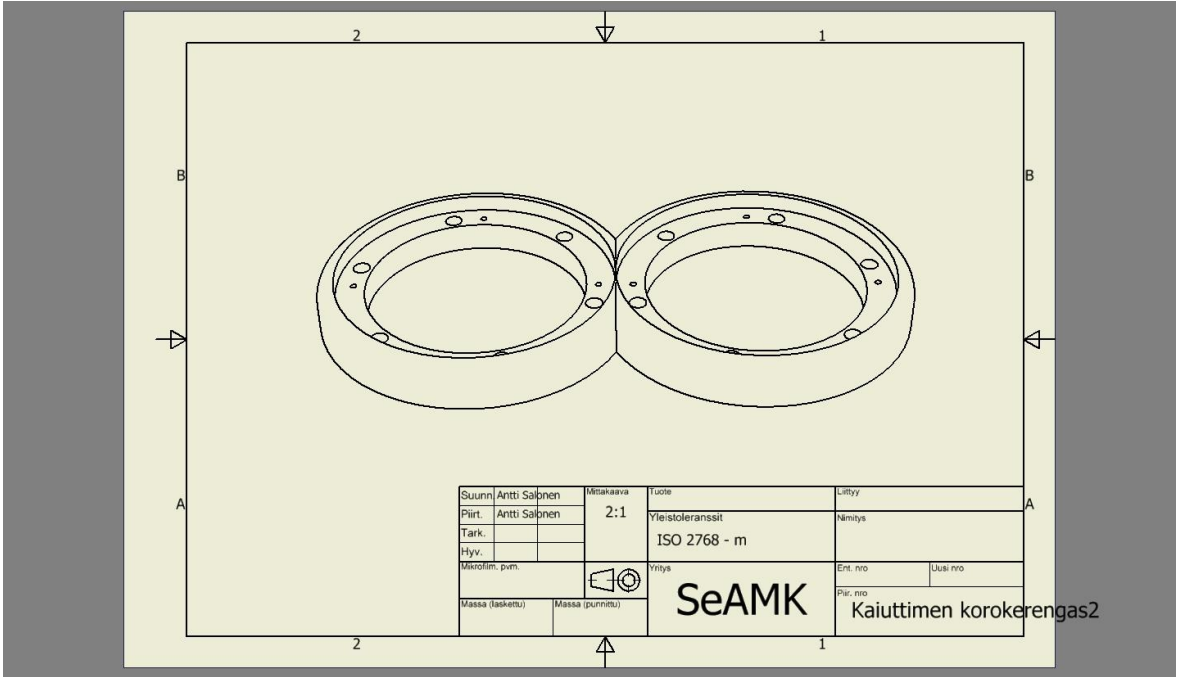
Myös tukevampi korokerengas, jossa on kaiuttimelle upotettu paikka ja pyöristetty reuna suunniteltiin (kuvio 13).



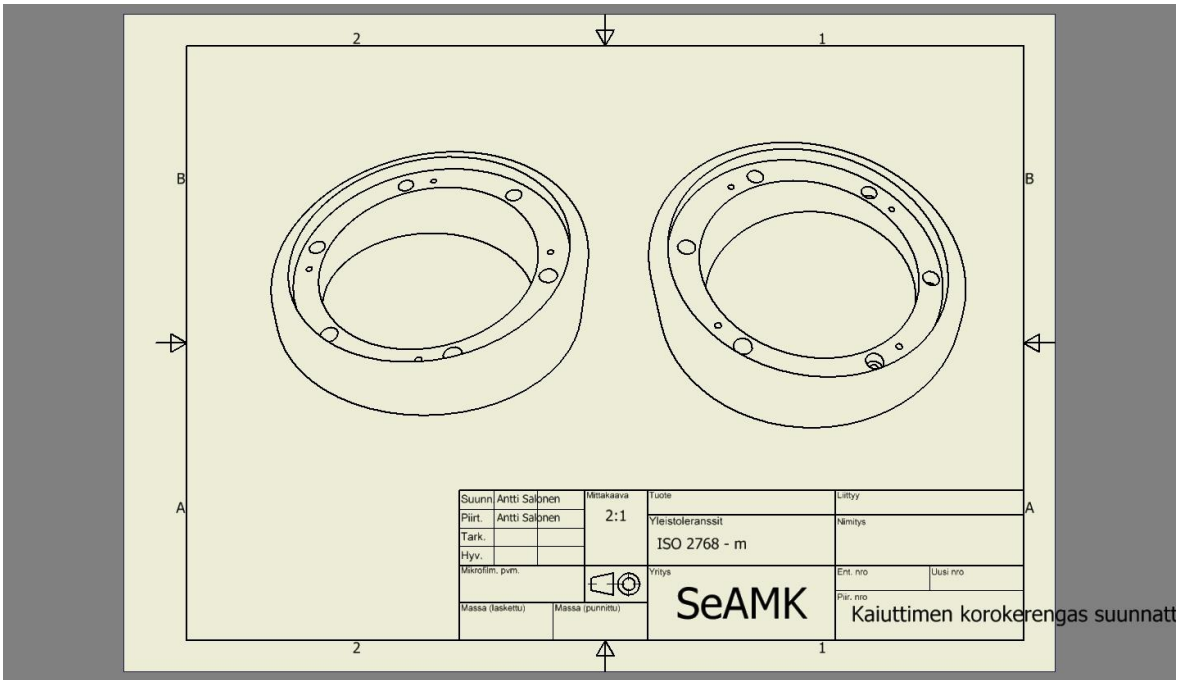
Kuvio 13. Tukeva kaiuttimen korokerengas.

Kaiutin tulee järeämpään korokerenkaaseen kahdeksalla 4 mm:n ruuvilla kiinni ja korokerengas kiinnitetään oven sisäpeltiin kahdeksalla m6-pultilla. Korokerengas on suunniteltu hyvin tukevaksi.

Lopuksi suunniteltiin vielä korokerengas kahdelle kaiuttimelle (kuvio 14) sekä suunnattu korokerengas 10 asteen kulmalla (kuvio 15).



Kuvio 14. Korokerengas kahdelle kaiuttimelle.



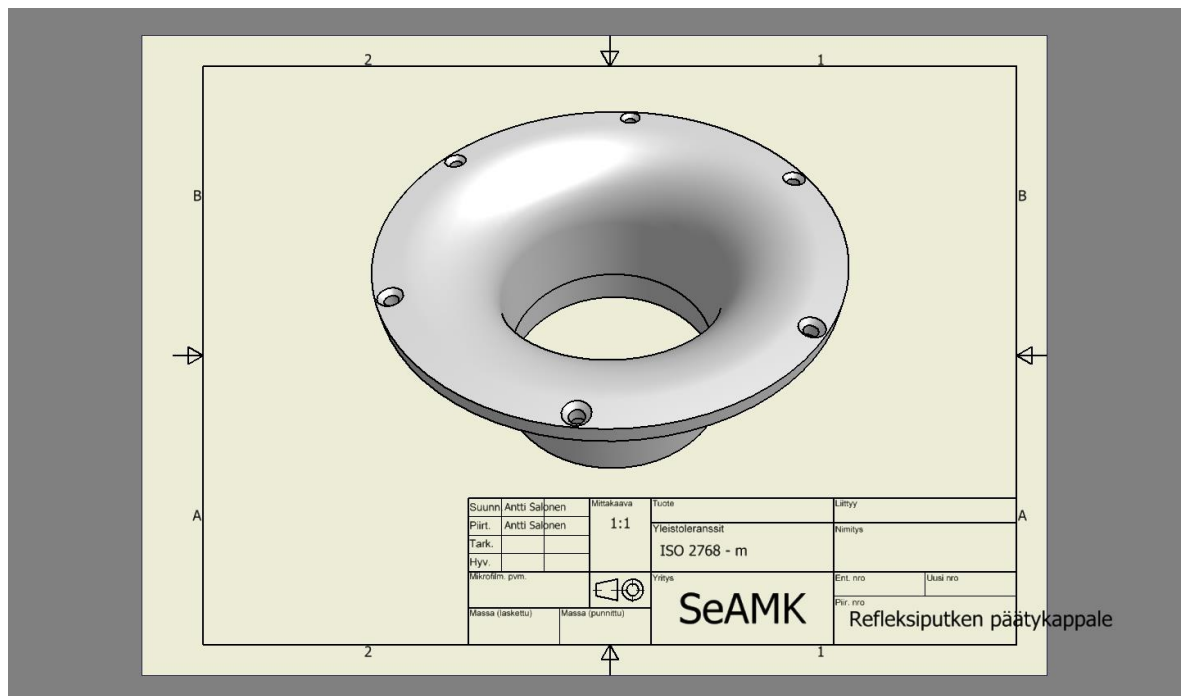
Kuvio 15. Suunnattu korokerengas.

4.6 Refleksiputken päätykappale

Suunnittelu aloitettiin selvittämällä tarvittava refleksiputken halkaisija. Esimerkikisubwooferiksi valittiin 10 tuumainen elementti, joten riittävä putken halkaisija oli kolme tuumaa (Kalliojärvi, [Viitattu 9.5.2013]).

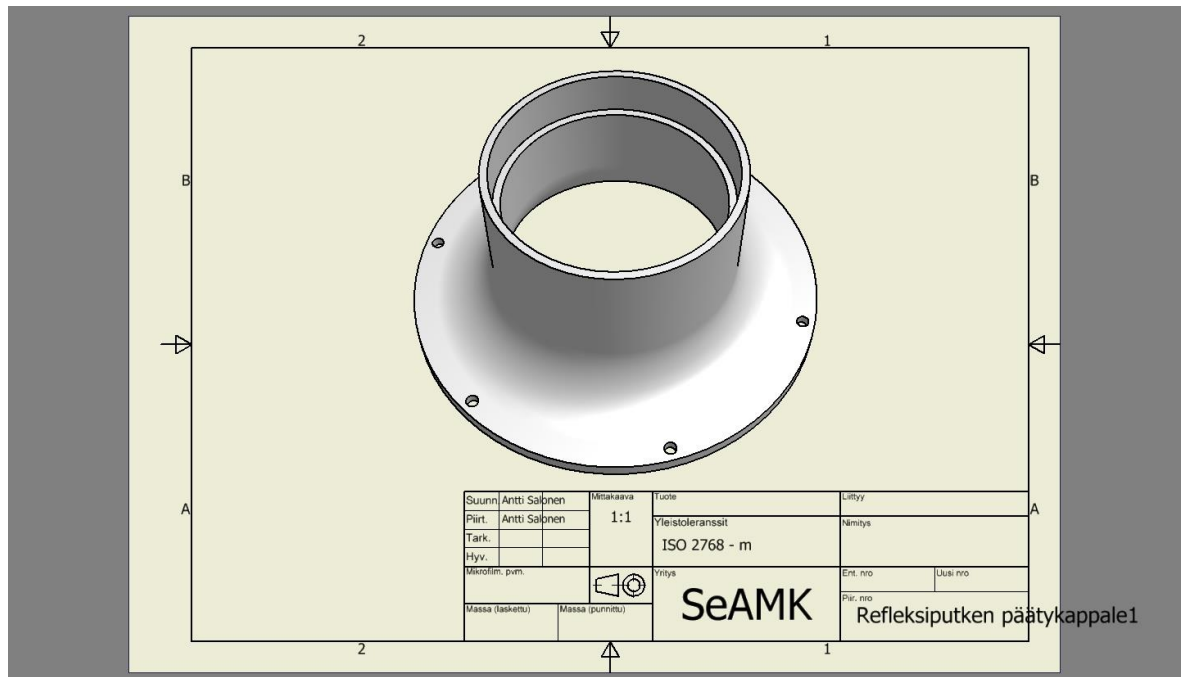
Refleksiputkeksi käy mikä tahansa sileäpintainen muoviputki. Viemäriputki on edullista putkea, joten eri viemäriputkien kokoja selvitettiin. Lähimpänä tarvittavaa kolmea tuumaa oli 75 mm viemäriputki, joten refleksiputken päätykappale suunniteltiin 75 mm:n viemäriputkeen sopivaksi.

Aluksi piirrettiin putki, jonka päähän tehtiin suppilomainen pyöristys. Pyöristysten ulkolaitaan piirrettiin vielä rengas, johon tehtiin reiät ruuvikiinnitykselle. (Kuvio 16.)



Kuvio 16. Refleksiputken päätykappale edestä.

Lopuksi putken takaosaan tehtiin syvennys, johon 75 mm:n viemäriputki mahtuu sisälle. Viemäriputken kiinnitys varmistetaan liimalla. Kuviossa 17 on esitetty viemäriputken kiinnityssyvennys.

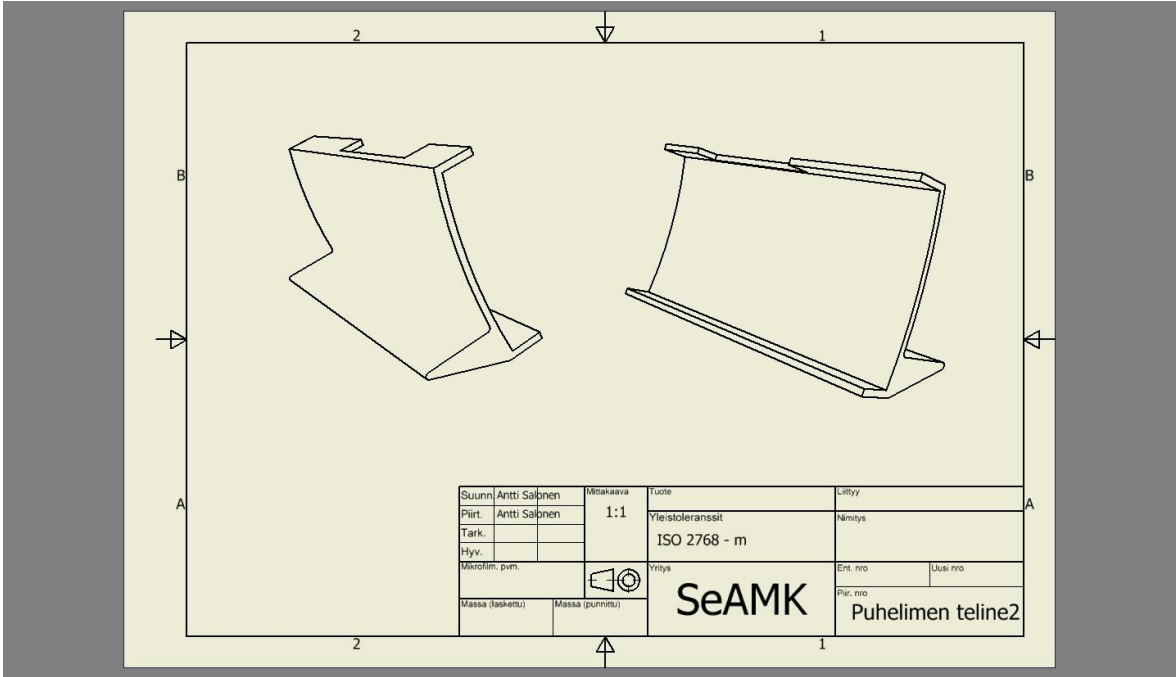


Kuvio 17. Refleksiputken päätykappale takaa.

4.7 Puhelimen teline

Puhelimen telineen suunnittelussa lähtökohtana oli pitää teline yksinkertaisena. Puhelimiin myydään erilaisia suojakuoria. Telineen malli syntyi jatkojalostamalla suojakuorien ajatusta.

Teline on suunniteltu mitoiltansa Nokia 500 -puhelimelle. Telineen yläosaan on jätetty aukko puhelimen näppäimiä varten. Teline pitää puhelimen 22 asteen kulmassa, ja telineen pohjaan voidaan liimata liukuestemattoa estämään telineen liukuminen kojelaudalla. Telineen mittoja voi helposti muuttaa mallinnusohjelmalla sopimaan muihinkin puhelimiin ja samalla telineen kallistuskulmaa voidaan muuttaa halutunlaiseksi. Puhelimen teline on kuvattu kuviossa 18 edestä ja takaa.



Kuvio 18. Puhelimen teline.

5 JOHTOPÄÄTÖKSET

3D-tulostaminen on lisääntymässä runsaasti Suomessa ja maailmalla. Ammattikäytössä on jo kauan ollut käytössä 3D-tulostimia, mutta nykyään edullisten tulostimien hinta on pudonnut tarpeeksi, joten myös harrastajat voivat hankkia niitä. 3D-tulostimien määrän kasvu tulee näkymään myös autoharrastajien keskuudessa itse suunniteltuina ja tulostettuina osina.

Harrastuskäyttöön tarkoitettujen tulostimien tulostusmateriaalit ovat vielä kehityskaarensa alussa, eivätkä täysin vielä sovellu autokäytössä kemiallisesti vaativiin kohteisiin esimerkiksi moottoritilassa. Muissa käyttökohteissa, esimerkiksi auton sisätiloissa, tulostetut osat voivat olla yhtä hyviä tai jopa parempia kuin valmistajan alkuperäiset osat.

Tulostettavista materiaaleista polyamidi eli nylon on kemiallisesti kestävin öljyjä ja bensiiniä vastaan, mutta polyamidilla tehtyjen tulosteiden laatu ei yllä ABS- tai PLA-tulosteiden tasolle. Nylon-tulosteilla on ollut myös ongelmia kerrosten kiinnittyvyydessä toisiinsa. Nylon sopii saatavilla olevista materiaaleista parhaiten moottoritilaan tai laakeripinnaksi esimerkiksi niveleen.

ABS-tulosteet sopivat parhaiten auton ulkopinnoille, kuten ovenkahvoihin tai lokasuojan levikkeisiin. ABS:llä saadaan parempi tulosteiden laatu kuin nylon-tulosteilla. ABS-tulosteet imevät itseensä vähemmän kosteutta kuin biohajoavat PLA-tulosteet ja ovat kestävämpiä sääolosuhteille kuin PLA-tulosteet. Myös auton sisäpinnoilla, kuten vaihdekepin nupissa tai ikkunanveivissä, kannattaa käyttää ABS-muovia sen hyvien pinta- ja lujuusominaisuuksien sekä UV-säteilyn kestävyys takia.

PLA-muovi on hyvä raaka-aine esimerkiksi puhelimen telineeksi. PLA-muovi käytetty parhaiten harrastajakäyttöön tarkoitetuissa tulostimissa ja sen tulostusjälki on hyvää.

Työn tavoitteet tulivat täytetyksi. Kävi ilmi, että harrastajakäyttöön tarkoitetuilla tulostimilla voidaan tulostaa myös autokäyttöön sopivia osia. Lisäksi tutustuttiin eri-

lasiin tulostusmateriaaleihin. Työssä ideoitiin useita eri käyttökohteita ja moni kohde sai myös muotonsa 3D-suunnitteluohjelmassa.

6 YHTEENVETO

Työn tutkimusongelmana ja taustana oli, että vanhempiin harrasteautoihin on nykyään vaikeaa hankkia vara- ja viritysosia. Autoharrastajat tekevät usein autoihinsa osia itse. 3D-tulostimen avulla kappaleiden ja muottien muokkaus voidaan suorittaa tietokoneella, ja valmis kappale tulee suoraan tulostimesta. Osien valmistus tulostamalla on edullisempaa kuin osien työstö esimerkiksi metallista. 3D-tulostimet yleistyvät nopeasti ja kuluttajille tarkoitettujen tulostimien hinnat ovat laskeneet edullisiksi. Hinnat alkavat noin kolmestasadasta dollarista.

Työn tavoitteena oli tutkia harrasteautojen osien valmistuksen ja suunnittelun mahdollisuuksia 3D-tulostinta apuna käyttäen. Lisäksi tavoitteena oli mallintaa auton osia CAD-ohjelmalla. Työssä ideoidaan 3D-tulostimen mahdollisia käyttökohteita autossa. Työ rajataan käsittelemään kuluttajille tarkoitettuja 3D-tulostimia.

Opinnäytetyön teoriaosassa esitellään 3D-tulostin, sen toimintaperiaate sekä erityyppisiä 3D-tulostimia. 3D-tulostimella valmistetaan kiinteä kappale kerros kerrokselta 3D-mallin perusteella. 3D-tulostimet voidaan jakaa neljään eri tyyppiin toimintaperiaatteensa perusteella: Nestettä kovettavat, sulasta materiaalista lisäävät, pulverista sintraavat tai sitovat sekä levystä leikkaavat tulostimet.

Teoriaosa jatkuu harrastajakäyttöön tarkoitettujen tulostimien esittelyllä sekä niihin tarkoitettujen muovilaatujen esittelyllä. Kuluttajille tarkoitetut tulostimet käyttävät useimmiten PA-, PLA- sekä ABS-muovia. Teoriaosan lopussa esitellään autonvalmistajien käyttämiä muoveja ja perehdytään osaan niistä tarkemmin sekä perehdytään muovien yleisiin ominaisuuksiin.

Tulostettavien osien selvittäminen -osiossa ideoidaan haastatteluiden sekä omien ideoiden perusteella mahdollisia käyttökohteita 3D-tulostimelle autoharrastajan näkökulmasta. Jokaisen käyttökohteen taustoihin ja tulostusmahdollisuuksiin perehdytään erikseen. Käyttökelpoisina ideoina nousee esille muun muassa ikkuna-veivi sekä lisämittarikotelo.

Mallien laatiminen ja niiden analysointi -osiossa kerrotaan, miten mikäkin käyttökohte mallinnetaan ja samalla analysoidaan tuotteen käyttökelpoisuutta, tulostet-

tavuutta ja mahdollisia materiaalivalintoja. Osiossa esitellään myös mallinnettuja 3D-malleja eri osista ja niiden työvaiheista.

Johtopäätökset-osiossa analysoidaan työtä ja sen tuloksia. Osiossa tulee esille 3D-tulostimien yleistymisen sekä hintojen lasku. Osiossa käydään myös läpi harrastuskäyttöön tarkoitettujen tulostimien materiaaleja, niiden hyviä puolia sekä niiden sopivuutta eri käyttökohteisiin autossa.

LÄHTEET

- Huhtamaa, P., Rantala, J. & Setälä, R. 1996. Auto- ja kuljetusalan erikoistumisoppi 2: Moottori. Helsinki: Otava.
- Järvinen, P. 2000. Muovin suomalainen käsikirja. Porvoo: WS Bookwell Oy.
- Järvinen, P. & Laurila, T. 2001. Raaka-ainekäsikirja 4: Muovit ja kumit. Helsinki: Metalliteollisuuden Kustannus Oy.
- Kalliojärvi, P. Ei päiväystä. Kotelon tilavuuden laskeminen. [Verkkosivu]. Tampere: Powerset Oy. [Viitattu 9.5.2013]. Saatavana: <http://www.powerset.fi/autohifi/ohjeet/kotelonlaskenta.html>
- L 3.4.1981/267. Tieliikennelaki.
- Lesko, J. 2008. Industrial Design: Materials and Manufacturing Guide. Hoboken, New Jersey: John Wiley & Sons, Inc.
- Mutanen, T. 2006. Biomuovista mukeja ja autonomisia. [Verkkolehtiartikkeli]. Kaleva. [Viitattu 8.5.2013]. Saatavana: <http://www.kaleva.fi/teemat/luonto/biomuovista-mukeja-ja-autonomia/88533/>
- Mäensivu, J. 2013. Autoharrastaja. Haastattelu 5.5.2013. Seinäjoki.
- Perämäki, A. 2013. Autoharrastaja. Haastattelu 3.5.2013. Seinäjoki.
- Pihlajamäki, J. 22.4.2013. miniFactory™ 3D-tulostin ensiesittelyssä. [Blogimerkintä]. [Viitattu 11.5.2013]. Saatavana: <http://www.minifactory.fi/blog/2013/04/22/minifactory-3d-tulostin-esittely/>
- Pihlajamäki, J. 2012. Insinööri. miniFactory Oy. miniFactory 3D-tulostimen esittelytilaisuus Seinäjoella!. Esittelytilaisuus 11.12.2012. Seinäjoki.
- Piri, A. 2013. Autoharrastaja. Haastattelu 23.5.2013. Seinäjoki.
- Price compare - 3D printers. 2013. [Verkkosivu]. www.3ders.org. [Viitattu 3.6.2013]. Saatavana: <http://www.3ders.org/pricecompare/3dprinters/>
- Rantala, J. 2002. Auto- ja kuljetusalan perusoppi 6: Moottori. Helsinki: Otava.
- Reference Series Car Audio Speakers. Ei julkaisuaikaa. Ruotsi, Göteborg: DLS Svenska AB

Refleksikotelo. Ei päiväystä. [Verkkosivu]. AutoSound Technical Magazine. [Viitattu 7.5.2013]. Saatavana: <http://www.autosound.fi/index.php/refleksikotelo.html>

Suokas, J. 2006. Mitä on 3D-tulostus. [Verkkosivu]. Lahti: C-ADVICE OY. [Viitattu 10.4.2013]. Saatavana: <http://www.c-advice.com/?q=node/35>

Syrjälä, S. 1997. Rapid prototyping: mallien, prototyyppien ja työkalujen pikavalmistus. Helsinki: Tekes.

Södergård, A. 2005. Biomuovit vaihtoehto teollisuudelle. [Verkkoartikkeli]. [Viitattu 24.5.2013]. Saatavana: http://www.bioteknologia.info/uutiset/toimiala_ja_yritystalous/fi_FI/Biomuovit_va_ihtoehto_teollisuudelle/

Tekniset muovit. Ei päiväystä. [Verkkosivusto]. Helsinki: Telko Oy. [Viitattu 24.5.2013]. Saatavana: http://www.telko.com/portal/fi/muovit/tekniset_muovit/